

**ДОЛГИЕ ГОДЫ КРЕПКОЙ ДРУЖБЫ  
И ПЛОДОТВОРНОГО СОТРУДНИЧЕСТВА  
(К 90-ЛЕТИЮ ПРОФЕССОРА, Д.Т.Н. С.В. ШАВРИНА)**

**Ю.Г. Ярошенко, Н.А. Спирин, В.С. Швыдкий**

*ФГАОУ ВПО «УрФУ имени первого Президента России Б.Н. Ельцина»  
(г. Екатеринбург, Россия)*

*Описаны итоги долголетнего плодотворного сотрудничества коллектива преподавателей кафедры и сотрудников одной из лабораторий Института металлургии Уральского отделения Российской академии наук. Профессор, доктор технических наук С.В. Шаврин со своими учениками успешно развивал теорию теплообмена в доменной печи. Это, прежде всего, развитие положений теории Б.И. Китаева по математическому описанию тепло-, массообменных процессов, по анализу гидродинамических явлений в области фурменного пояса. Активная работа по первому направлению привела к созданию кинетико-математической модели доменной плавки. По второму направлению С.В. Шаврин совместно с И.Н. Захаровым впервые в лабораторных условиях подтвердили вероятность явления «захлебывания» в доменной печи при определенном составе и температуре шлака. С.В. Шаврин довольно быстро приобрел авторитет как специалист доменщик, как официальный оппонент на защите диссертаций разного уровня. Его доклады на международных и российских конференциях всегда вызывали интерес у специалистов. Он много внимания уделял подготовке и воспитанию молодых ученых в институтах Академии наук и высших учебных заведениях. За участие в освоении технологии получения чугуна из титаномагнетитовых руд Качканарского месторождения ему была присуждена Государственная премия СССР. Коллеги и ученики, воспитанные этим замечательным ученым и человеком, активно продолжают и развивают научные идеи своего учителя. Их успехи – есть лучшая дань памяти Сергею Викторовичу Шаврину в день его 90-летия.*

**Ключевые слова:** юбилей, сотрудничество, теплообмен, доменная печь, ученый, воспитатель, конференции.

*The article describes the results of many years of fruitful cooperation between the team of teachers and staff of the department of one of the laboratories of the Institute of Metallurgy, Ural Branch of the Russian Academy of Sciences. Professor; Doctor of Technical Sciences S. V. Shavrin with their students successfully developed the theory of heat transfer in a blast furnace. This, above all, the development of the theory of B. I. Kitaeva mathematical description of heat – mass transfer processes, the analysis of hydrodynamic phenomena in the area of the blast zone. Active work in the first direction has led to the creation of kinetic-mathematical model of the blast furnace. In the second direction S. V. Shavrin conjunction with I. N. Zaharov first confirmed in vitro probability phenomenon of «flooding» in a blast furnace for a particular composition and temperature of the slag. S. V. Shavrin, quickly gained credibility as an expert blast furnace as the official opponent at defenses of dissertations at different levels. His reports on the Russian and international conferences, always aroused interest among specialists. He paid much attention to training and education of young scientists in the institutes of the Academy of Sciences and universities. For participation in the development of technology for production of pig iron from titanomagnetite ore deposit Kachkanarskogo he was awarded the State Prize of the USSR. Colleagues and students brought this remarkable scientist and man, actively pursue and develop scientific ideas of his teacher. Their success – is the best tribute to Sergei Viktorinovich Shavrin the day of his 90th birthday.*

**Keywords:** anniversary, cooperation, heat, blast furnace, scientist, educator, conference.

Основой нашей дружбы и сотрудничества с Сергеем Викториновичем Шавриным стали исследования в области теории тепло-, массообмена в плотном движущемся и неподвижном слое. После опубликования в 1944 г. [1] нашим учителем Б.И. Китаевым основных принципов тепловой работы доменных печей и развитых им в монографии «Теплообмен в доменной печи [2] возник научный интерес к работам этого направления.

Два выпускника металлургического факультета УПИ им. С.М. Кирова 1948 г. связали свое научно-инженерное творчество с производством чугуна. Это были С.В. Шаврин – аспирант Института металлургии УФАИ СССР (1949–1952 гг.) и Б.Л. Лазарев – начальник доменной лаборатории Нижнетагильского металлургического завода. В 1950 г. в свой круг они ввели аспиранта кафедры газопечной теплотехники УПИ Ю.Г. Ярошенко – выпускника 1949 г. того же факультета. За короткое время они смогли изменить мировоззрение сталеплавыльщика на мировоззрение доменщика. Втроем они обсуждали, как организовать измерение температур по высоте доменной печи, как интерпретировать результаты измерений, насколько измеренные температуры подтверждают идеи о тепловой работе доменной печи Б.И. Китаева. В это время у С.В. Шаврина были свои заботы, связанные с работой над кандидатской диссертацией, тема которой звучала так: «Разработка технологии получения ниобийсодержащих и высокотитанистых редкоземельных шлаков из лопаритовых концентратов». Научным руководителем этого исследования был профессор, доктор технических наук Владимир Владимирович Михайлов. Защита прошла успешно, перед С.В. Шавриным открылись научные горизонты.

Молодой кандидат технических наук прошел все ступеньки творческого роста и в свои 35 лет возглавил лабораторию металлургии чугуна, позже переименованную в лабораторию пирометаллургии восстановительных процессов. На этом пути он начал с успехом проявлять внимание к математическим моделям теплообмена в противотоке. Примером этого могут служить работы [3–6], в которых были рассмотрены задачи теплообмена в противотоке, в том числе и для случая, когда теплоемкость потока шихты зависит от температуры, а также проанализированы условия формирования температурных полей в доменных печах. Полученные уравнения были использованы для расчета ступеней теплообмена в доменных печах. С.В. Шаврину и А.В. Ченцову впервые удалось при решении уравнений тепло- и массообмена (восстановления) учесть параметры плавки и через кинетические характеристики свойства сырья. Это решение послужило базой для разработки метода комплексного расчета показателей доменной плавки [7], который позволял определять такие величины, как степени прямого и непрямого восстановления. Примеры расчетов для условий НТМК и ММК довольно близко совпадали с фактическими данными работы доменных печей. Благодаря этим исследованиям были созданы перспективы прогнозирования эффективности различных вариантов доменной плавки.

С.В. Шаврин, как научный руководитель А.В. Ченцова, подготовил его к защите кандидатской диссертации на тему «Анализ процессов восстановления и теплообмена в их взаимосвязи при доменной плавке буроохристых руд Серовского месторождения». Из названия работы следует, что на защиту были вынесены вопросы анализа тепловой работы доменной печи с уче-

том процессов восстановления. В качестве второго оппонента был назначен Ю.Г. Ярошенко. Защита диссертации состоялась в 1963 г. в Алма-Ате – столице Казахстана, в диссертационном совете АН Казахской ССР. На защиту самолетом вылетели в мае: руководитель диссертанта, сам диссертант и оппонент. В этой командировке С.В. Шаврин был исключительно внимателен к своему ученику, очень четко выступил на совете и несмотря на необычные традиции проведения процедуры защиты все прошло благополучно.

Пока оформляли стенограмму защиты, мы успели побывать на высокогорном катке Медео, урочище Чембулак, где обычно соревновались в то время спортсмены-лыжники, прыгающие с трамплина. И, конечно, в Алма-Ате мы активно знакомимся с казахской едой.

Параллельно с работами по анализу тепловых явлений в доменных печах С.В. Шаврин с другими своими учениками – И.Н. Захаровым и Б.В. Ипатовым, активно исследовали явления захлебывания в доменных печах, гипотезу о возможном развитии подобных явлений высказал ранее Б.И. Китаев [8]. Эта гипотеза неоднократно обсуждалась на Всесоюзных совещаниях доменщиков, но прямого доказательства ни разделяющие правомерность этой гипотезы, ни ее противники привести не могли. Заслуга С.В. Шаврина и его учеников состояла в том, что они организовали в лаборатории Института металлургии УФАН СССР [9,10] изучение условий зависания доменных шлаков на насадке из угольных шариков в противотоке газа при высоких температурах (порядка 1450 °С). Главные выводы этих работ состояли в том, что, во-первых, условия зависания безжелезистых шлаков удовлетворительно согласуются с условиями зависания низкотемпературных жидкостей, во-вторых, на условия зависания существенное влияние оказывает вспенивание шлака, в результате развития которого вязкость расплава может увеличиваться в десятки раз. Вспенивание шлака в свою очередь возможно либо при снижении температуры шлака, либо при увеличении в шлаке закиси железа. Уже при 2,0 % FeO в шлаке наблюдалось значительное вспенивание шлака, при дальнейшем повышении содержания FeO в шлаке до 10,0 % его прохождение через слой кокса становилось вообще невозможным из-за бурно выделяющихся газов по реакции  $\text{FeO} + \text{C} \rightarrow \text{Fe} + \text{CO}$ . Работы этого цикла показали, какое огромное значение для интенсификации доменной плавки имеет восстановимость рудной части шихты. Они окончательно рассеяли сомнения о возможности зависания расплава в районе заплечиков и горна. С таким багажом знаний о процессах тепло- и массообмена в доменной печи можно было выходить на защиту докторской диссертации «Исследование закономерности восстановления железных руд из расплавов и использование их при анализе доменного процесса», что и сделал С.В. Шаврин в 1965 г. Одним из оппонентов на защите был Б.И. Китаев, давший очень высокую оценку научным и прикладным исследованиям диссертанта, относящимся как к изучению теплофизических проблем доменного процесса, так и к полученным практическим результатам.

Молодой доктор технических наук С.В. Шаврин довольно быстро приобрел авторитет как специалист-доменщик, отзывы которого на авторефераты были значимы, и как официальный оппонент на защитах диссертации разного уровня. Нам, конечно, наиболее памятливы две защиты.

Первая – в 1967 г., когда на защиту кандидатской диссертации «Вопросы теплообмена в доменной печи и контроля ее теплового состояния» вышел В.С. Швыдкий. В его диссертации, наряду с решениями ряда задач по расчету температурных полей в доменной печи, были представлены результаты исследований, выполненные на экспериментальной доменной печи доменного цеха НТМК. Они касались оценки теплового состояния доменной печи, в частности, по индексу температурного поля. Первый оппонент проф. С.В. Шаврин, положительно оценив диссертационное исследование, посоветовал в дальнейшей работе учесть при расчете индекса температурного поля уровень развития восстановительных процессов. Основные замечания оппонента способствовали развитию исследований диссертанта. В определенной мере они по мере их учета привели В.С. Швыдкого к защите докторской диссертации, которую он с успехом защитил в 1984 г.

Вторая – в 1968 г., когда на защиту докторской диссертации «Исследование теплофизических процессов в слоевых металлургических печах» вышел Ю.Г. Ярошенко. При общей положительной оценке работы Сергеем Викториновичем были сделаны замечания, большинство из которых относилось к методам расчета многокомпонентных шихт доменных печей и учете динамики восстановительных процессов. В них также были высказаны предложения по решению задач нагрева кусков шихты, в которых форма кусковых материалов – окатышей, плоских или цилиндрических брикетов и др., была бы представлена в обобщенном виде.

1970 г. был знаменательным для представителей коллективов кафедры металлургические печи (бывшей газопечной теплотехники), лаборатории пирометаллургии восстановительных процессов и лабораторий Всесоюзного научно-исследовательского института металлургической теплотехники. В этом году была представлена работа «Цикл теоретических и экспериментальных исследований теплотехнических процессов в слоевых металлургических печах и установках» на соискание Государственной премии 1970 г. В числе соискателей были С.В. Шаврин и А.В. Ченцов.

Руководство Института металлургии так оценило роль Сергея Викториновича в этой работе: «Шаврин Сергей Викторинович является инициатором и руководителем работ, выполненных в институте металлургии УФАИ СССР, по развитию теории тепло-массообмена применительно к металлургическим процессам.

Под его руководством и непосредственном участии выполнены исследования по математическому описанию процессов восстановления железных руд и разработке методик определения кинетических характеристик сырых материалов и топлива. Им предложен и разработан поэтапный метод расчета температурных полей в шахтных печах с учетом переменности теплоемкостей потоков шихты и газа.

С.В. Шаврин является одним из авторов нового метода анализа тепловой работы доменных печей с помощью кинетико-математической модели, в разработке которой он принимал непосредственное участие.

Под его руководством выполнены работы по оптимизации теплового состояния доменных печей на ряде уральских заводов.

Творческое участие С.В. Шаврина способствовало развитию теории тепло- и массообмена и применению ее для решения практических задач в области доменного производства».

Процитированную справку о творческом вкладе С.В. Шаврина подписали директор Н.А. Ватолин, секретарь парткома И.Л. Коркия и председатель профкома А.А. Ананьин.

В отличие от классических академических лабораторий, которые занимались «чистой» наукой, лаборатория, руководимая С.В. Шавриным, была нацелена на связь с фабриками подготовки железорудного сырья и с доменными цехами. Наиболее значимую для Среднего Урала работу по освоению технологии получения чугуна из качканарских титаномагнетитовых руд он выполнил в 70-е годы прошлого века в составе творческого коллектива, в который вошли представители НТМК, ИМет УФАН СССР, УИЧМ и др. Работа получила высокую оценку руководства страны – коллективу ее участников в 1976 г. была присуждена Государственная премия СССР.

В это же время раскрылись широкие возможности применения вычислительной техники, что подвигло сотрудников лаборатории на развитие научно-исследовательской деятельности в области математического моделирования. Из многочисленных работ этого направления следует выделить те, которые связаны с изучением механизмов восстановления железорудных материалов газами [11], с разработкой модели доменного процесса [12–14]. Во втором издании монографии «Балансовая логико-статистическая модель доменного процесса» [14] обобщены результаты полувековой деятельности лаборатории. В ней представлены методики анализа показателей работы доменной печи, построенные на использовании материальных и тепловых балансов, расчетах тепло- и массообмена с учетом неравномерности распределения газа по радиусу печи и других факторов ее работы. Материалы этой монографии используют с успехом при прогнозировании условий работы доменных печей в новых условиях осуществления доменного процесса. Тем более, что к монографии приложен программный продукт на CD-диске.

Преподаватели УПИ и сотрудники лаборатории Имет УФАН, научная работа которых была связана с производством чугуна, старались активно участвовать в научно-технических конференциях, таких как Всесоюзные совещания доменщиков (1954 г. и 1970 г., Москва), Доменный процесс по новейшим исследованиям (1963 г.), Теория и практика современного доменного производства (1983 г., Днепропетровск), а также за рубежом – в Болгарии, Чехословакии. Совместные поездки, посещения предприятий и других памятных мест в городах, где проходили конференции, не только сдружили наши коллективы, но и сблизили наши представления на проблемы производства чугуна, дав толчок к решению новых научно-технических задач металлургии чугуна.

В середине 1970-х гг. началась «цепочка» юбилеев. Первым среди коллективов лаборатории и кафедры свой 50-летний юбилей отмечал Сергей Викторович. Затем были другие не только юбиляры, но и сами юбилеи; 60-летие, 70-летие, 75-летие и т.д. Друг друга поздравляли, желали творческих успехов, долгих лет жизни. Естественно, что все поздравления сопровождались бурным обсуждением самых различных, в том числе и научных проблем. Главной особенностью всех юбилеев была теплая, дружеская обстановка и искренность всех пожеланий.

С.В. Шаврин хотел видеть сына Владимира и внука Алексея продолжателями тех славных дел, которыми он занимался всю жизнь. Ему это удалось при жизни.





Участники конференции в Днепропетровске (1983 г.) (слева направо).  
 1-й ряд: Мадисон В.В., Шаврин С.В., Ярошенко Ю.Г., Овчинников Ю.Н., Лобанов В.И.  
 2-й ряд: Спиринов Н.А., Швыдкий В.С., Шаврин В.С., Суханов Е.Л.



Оппоненты С.В. Шаврин и М.А. Стефанович вместе со своим «крестником» Ю.Г. Ярошенко через 15 лет после его защиты в свободной обстановке на конференции в Днепропетровске (1983 г.)



Приветствовать юбиляра Ю.Г. Ярошенко в день его 75-летия пришли (справа налево) С.В. Шаврин, В.И. Жучков, Л.И. Леонтьев.

В 1979 г. после получения диплома по специальности «Теплофизика и автоматизация промышленных печей» Владимир Сергеевич подготовил в аспирантуре кандидатскую диссертацию «Разработка и внедрение теплотехнических методов расчета в практику исследования и проектирования металлургических шахтных печей и агрегатов», которую защитил в 1984 г. Само название квалификационной работы свидетельствует о том, что она связана с теплотехникой слоевых металлургических печей – разделом металлургической теплотехники, который обогащал своими исследованиями С.В. Шаврин. Сейчас В.С. Шаврин – доцент, кандидат технических наук, читает цикл лекций по механике жидкости и газов, один из авторов учебника того же названия [15]. Одновременно он является заместителем председателя Учебно-методического объединения по металлургическому образованию.

Алексей Владимирович Шаврин закончил металлургический факультет по специальности «Теплофизика, автоматизация и экология промышленных печей». Так же как и его отец поступил в аспирантуру по специальности 05.16. 02 – «Металлургия черных, цветных и редких металлов». Тема его кандидатской диссертации «Исследование и разработка технологических решений по улучшению металлургических свойств окатышей на основе оптимизации их структуры» была связана, как это следует из ее названия, с проблемами подготовки железорудного сырья. Эта область знаний для С.В. Шаврина была наиболее интересной. К ней и относится наибольшее число его научных трудов.

Успехи специалистов в области теории и практики металлургии чугуна, теории процессов восстановления, металлургической теплотехники как у нас в стране, так и за рубежом опираются на творческое наследие С.В. Шаврина, представленное 8 монографиями, более 90 авторскими свидетельствами и патентами, более 300 научными статьями и докладами. Эти работы вошли в сокровища мировой литературы, а заслуги автора не остались незамеченными нашим государством. Успехи в научном творчестве Сергея Викторовича Шаврина отмечены государственными премиями и государственными наградами.

Нет сомнения, что коллеги и ученики, воспитанные этим замечательным ученым и человеком, активно будут продолжать и развивать научные идеи своего учителя. Их успехи есть лучшая дань памяти Сергею Викторовичу Шаврину в день его 90-летия.

#### Список использованных источников

1. Китаев Б.И. Схема теплообмена в доменной печи и подготовка руд к плавке // *Сталь*. – 1944. – № 7–8.
2. Китаев Б.И. Теплообмен в доменной печи. – М.: Металлургиздат, 1949. – 48 с.
3. Шаврин С.В., Ченцов А.В. К вопросу теплообмена в шахтных печах // *Известия вузов. Черная металлургия*. 1960. – № 5. – С. 172–177.
4. Шаврин С.В., Ченцов А.В. К расчету ступеней теплообмена в шахтных печах // *Известия вузов. Черная металлургия*. – 1960. – № 11. – С. 156–161.
5. Шаврин С.В., Ченцов А.В. Выбор уравнений для анализа теплообмена в доменных печах // *Форсирование доменной плавки*. – М.: Металлургиздат, 1963.
6. Ченцов А.В., Шаврин С.В., Герман Б.М., Абрамов С.Д. К расчету температурных полей в доменных печах // *Восстановление, теплообмен и гидродинамика в доменном процессе*. Свердловск: УНЦ АН СССР, 1970. – С. 48–71.
7. Ченцов А.В., Чесноков Ю.А., Шаврин С.В. Балансовая логико-статистическая модель доменного процесса. – М.: Наука, 1991. – 92 с.
8. Китаев Б.И., Ярошенко Ю.Г., Сучков В.Д. Теплообмен в шахтных печах. – Свердловск: Свердловское отд. «Металлургиздат», 1957. – 280 с.
9. Шаврин С.В., Захаров И.Н., Ипатов Б.Ф. Истечение шлака через насадку в противотоке газа // *Известия вузов. Черная металлургия*. – 1962. – № 9.
10. Шаврин С.В., Захаров И.Н., Ипатов Б.В. Истечение шлаков через коксовые насадки // *Известия вузов. Черная металлургия*. – 1964. – № 1. – С. 172–177.
11. Абрамов С.Д., Алексеев Л.Ф., Кудинов Д.З., Ченцов А.В., Шаврин С.В. Макрокинетика восстановления железорудных материалов газами. – М.: Наука, 1982. – 144 с.
12. Чесноков Ю.А., Ченцов А.В., Шаврин С.В. Определение коэффициентов взаимозаменяемости коксов с помощью модели доменного процесса // *Математическое моделирование доменного процесса*. – Екатеринбург: УрО РАН, 1994. – С. 29–51.
13. Чесноков Ю.А., Ченцов А.В., Шаврин С.В. Расчет показателей окискования руд (описание алгоритма). *Математическое моделирование доменного процесса*. – Екатеринбург: УРО РАН, 1994. – С. 52–70.
14. Ченцов А.В., Чесноков Ю.А., Шаврин С.В. Балансовая логико-статистическая модель доменного процесса. Изд. 2-е, дополненное и переработанное. – Екатеринбург: УрО РАН, 2003. – 164 с.
15. Швыдкий В.С., Ярошенко Ю.Г., Гордон Я.М., Шаврин В.С., Носков А.С. Механика жидкости и газа: учебное пособие для вузов. 2-е изд., перераб. и доп. / Под ред. В.С. Швыдкого. – М.: ИКЦ «Академкнига», 2003. – 464 с.